

УДК 581.11.052:633.16

## **ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ЗАСУХИ**

**Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ, А. Ф. ЯКОВЛЕВ,  
АБУДЕЛЬ ХАКИМ Ю. Ю. АЛЛАМ**

(Кафедра физиологии растений)

Рассматриваются современные диагностические методы функционального состояния растений, делается попытка на основании анализа 9 показателей продуктивности и 13 показателей физиологической устойчивости сортов ярового ячменя различного географического происхождения провести оценку их засухоустойчивости.

Урожайность зерновых культур во многом зависит от количества осадков и равномерности их распределения в течение вегетационного периода [9]. В настоящее время отмечается тенденция к увеличению засушливости климата на земном шаре, что усиливает негативное влияние «северных» раннелетних засух на продуктивность зерновых культур [10]. Поэтому при выведении новых сортов следует стремиться не только к повышению урожайности, но и увеличению их устойчивости к биотическим и абиотическим факторам, для чего требуются использование всего полиморфизма рода *Hordeum*, а также знание наряду с анатомо-морфологическими признаками исходного материала показателей, определяющих его биологическую и хозяй-

ственную продуктивность (активность и мощность фотосинтетического аппарата, варибельность в накоплении и перераспределении ассимилятов между производящими и потребляющими органами при резких изменениях параметров внешней среды). Полученные картины варьирования признаков продуктивности и интенсивности физиологических процессов — уровни норм реакций у гибридов и линий — являются необходимым компонентом селекции полевых культур.

В связи с недостаточностью информации по данным вопросам актуально изучение влияния влагообеспеченности и сроков наложения стресса на формирование элементов продуктивности и динамику физиологических процессов в начале и конце критического периода онто-

генеза растений ярового ячменя различного географического происхождения, а также определение диагностических критериев сортовой устойчивости этой культуры.

### Методика

Объектом исследования служили засухоустойчивые сорта ярового ячменя (*Hordeum*) различного географического происхождения: Зазерский 85, Московский 2 и ТСХА 21-89 (условно западноевропейская группа), Донецкий 650 и зерноградский 385 (степная группа), Аhog из Эфиопии и Subergolan из Ирака (анатолийско - эфиопская группа).

Использовались модельный, вегетационный и полевой методы исследований [5]. Опыты проводили в фитотроне, вегетационном домике лаборатории физиологии растений и на опытном участке метеорологической обсерватории им. Михельсона Тимирязевской академии в 1989—1990 гг. В вегетационных опытах 1989 г. в фитотроне изучали сортовые особенности формирования урожая при создании водного стресса на V—VII и VII—VIII этапах органогенеза при двух уровнях азота (N и 2N по Кноппу). В полевых опытах почва дерново-подзолистая суглинистая, норма внесения удобрений 90N90P90K, высева семян — 300 шт/м<sup>2</sup>. Применялся метод засушника.

Проводили как принятые в растениеводстве наблюдения и анализы, так и физиолого-биохимические исследования. Интенсивность газообмена определяли на газоанализаторе ГИП-10, концентрацию клеточного сока и осмотический потенциал — на рефрактометре РПЛ, стабильность листовой пластинки — тургорометром, электрическое сопротивление тканей листа — прибором ЭСТЛП, выход электролитов —

на самопищущем миллиамперметре И-37, концентрацию хлорофилла — с помощью спектрофотометра СФ-26, площадь листьев — на фитопланиметре ФПЛ-4, а содержание белка, углеводов и крахмала — на приборе «Инфрапид-61» (ВНР). Полученные результаты подвергались дисперсионному анализу [4].

### Характер ростовых и морфологических процессов

Наиболее точное представление об органобразовательном процессе дает морфофизиологический анализ [6, 8]. Исследования показали, что в первой половине вегетационного периода развитие сортов шло почти одинаково, тем не менее сорт Subergolan развивался быстрее других, а сорта Зазерский 85 и Аhog в большей мере отставали от остальных. В дальнейшем, особенно в конце вегетации, различия между сортами в контроле увеличивались. К причинам этого, видимо, можно отнести различия в длительности периода между цветением и созреванием, интенсивности побегообразования и их редукции, реализации потенциальной продуктивности [6]. При этом поздневесенняя засуха в опытных вариантах не оказывала значительного влияния нахождение фенофаз и этапов органогенеза изучаемых сортов, за исключением зерноградского 385 и Аhog. Водный стресс в этот период онтогенеза (V—VII этапы) вызывал остановку роста растений, деструкцию конуса нарастания, частичную редукцию побегов кушения, сокращение площади листьев, общее количество которых, однако, восстанавливалось в репарационный период с разной интенсивностью, а у некоторых сортов превышало контрольный уровень. Раннелетняя засуха (VII—VIII этапы) оказывала менее депрессирующее действие

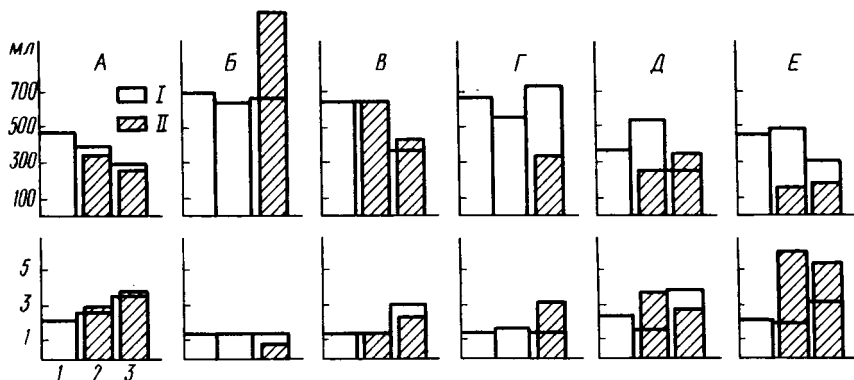


Рис. 1. Транспирационный коэффициент (вверху) и продуктивность транспирации у сортов ячменя в опыте 1. А — Зазерский 85; Б — Московский 2; В — Зерноградский 385; Г — Донецкий 650; Д — Абор; Е — Subergolan; 1 — до засухи; 2 — конец засухи; 3 — 8-й день репарации; I и II — контрольный и опытный варианты.

на морфобиометрические показатели.

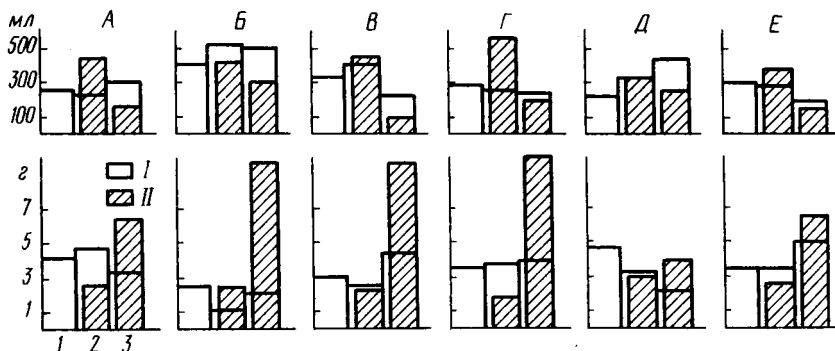
### Водообмен у растений ярового ячменя в вегетационных и полевых опытах

Основными суммирующими показателями водообмена можно считать водопотребление, транспирационный коэффициент (ТК) и про-

дуктивность транспирации (ПТ). Изменение этих показателей во многом определялось этапом органогенеза, наличием стрессового воздействия и сортовой специфичностью водного режима растений, обусловленной в значительной мере географическим происхождением генотипа.

Нами были установлены сортовые особенности реакций изучаемых сортов на сроки наступления за-

Рис. 2. Транспирационный коэффициент (вверху) и продуктивность транспирации у сортов ячменя в опыте 2. Обозначения те же, что на рис. 1.



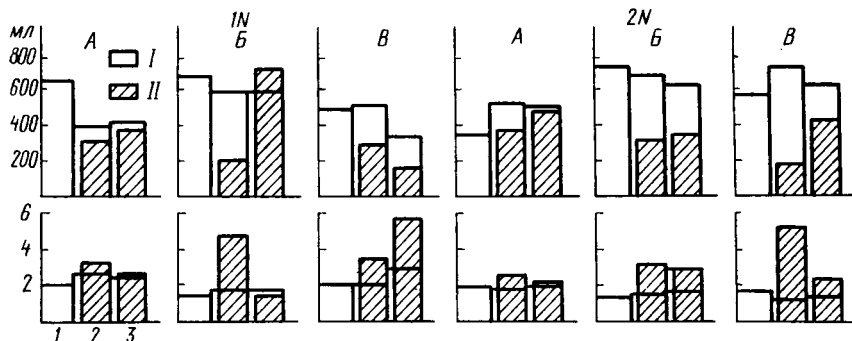


Рис. 3. Транспирационный коэффициент (вверху) и продуктивность транспирации у сортов ячменя западноевропейской группы при внесении разных норм азотных удобрений.

А — Зазерский 85; Б — Московский 2; В — ТСХА 21-89; 1N и 2N — нормы азота. Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

сухи, ее продолжительность как в период действия стресса, так и во время репарации. На основании изучения физиологических показателей, характеризующих водообмен, и полученных результатов в вегетационных и полевых опытах можно высказать ряд положений.

Наибольшей эффективностью водообмена в вегетационных опытах при наложении поздневесенней засухи (V—VII этапы) отличались растения сортов западноевропейской группы (Зазерский 85, Московский 2), а при раннелетней засухе (VII—VIII этапы) — степной группы (Донецкий 650, Черноградский 385) (рис. 1, 2). У сортов анатолийско-эфиопской группы (Ahog и Subergolan) значения показателей водообмена были более стабильными при наложении как раннелетней, так и поздневесенней засухи. Дополнительное внесение азота в варианте с засухой на V—VII этапах органогенеза увеличивало ТК в период действия стресса и снижало его при репарации растений сортов западноевропейской группы (рис. 3).

В полевых опытах, проводившихся в засушливые годы, влажность почвы снижалась до коэффициента завядания (КЗ). При этом представители сортов западноевропейской группы в условиях полевого опыта 1989 г. сильно различались по значениям показателей водного режима, а в 1990 г. — незначительно. Тем не менее большую устойчивость к поздневесенней засухе показал сорт Зазерский 85, у которого в опытном варианте коэффициент водопотребления в среднем за 2 года был на 29 % ниже, чем в контроле, а у сорта Московский 2 — на 16,0 % ниже.

#### Интенсивность газообмена

Водный режим растений и газообмен тесно связаны между собой и взаимозависимы, так как осуществляются через одни и те же анатомо-морфологические структуры (устьица, паренхимную ткань листа, эпидермис). Кроме того, оба эти процесса поддерживают тепловой и энергетический баланс всего растения.

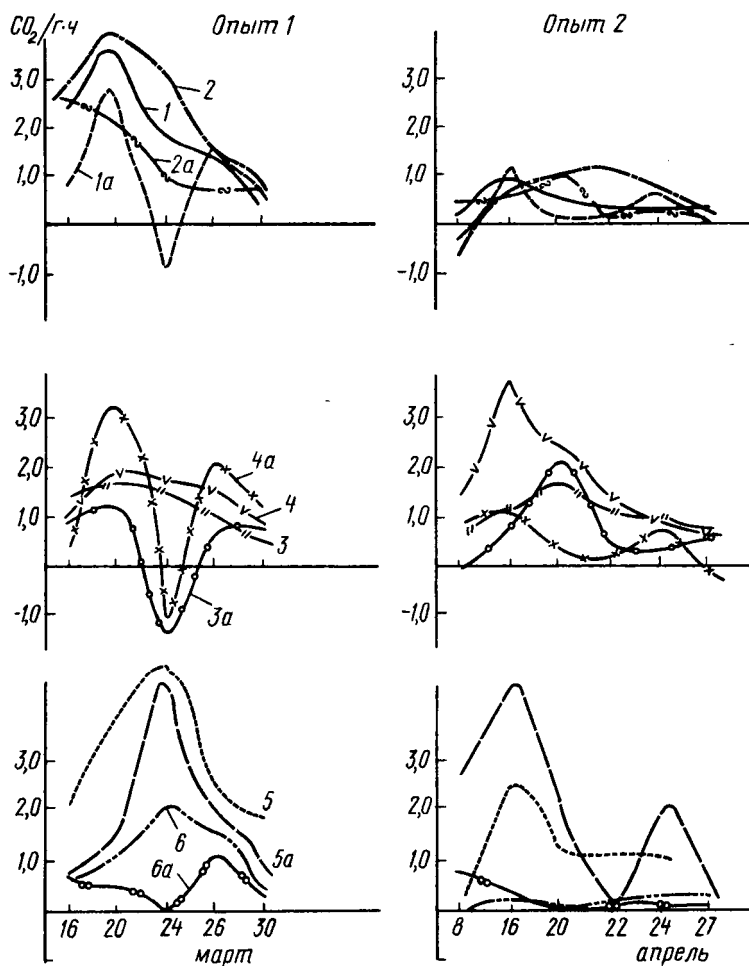


Рис. 4. Интенсивность видимого фотосинтеза у сортов ячменя.

1 и 1а — Зазерский 85 — соответственно контрольный и опытный варианты; 2 и 2а — Московский 2; 3 и 3а — Донецкий 650; 4 и 4а — зерноградский 385; 5 и 5а — Абор; 6 и 6а — Subergolan.

В опытах отмечен сложный характер изменения фотосинтетического и дыхательного газообменов изучаемых сортов в результате кратковременной засухи в критические периоды онтогенеза, совпадающие по времени с заложением и редук-

цией побегов и метамеров колоса. Сложность регуляции этих процессов определяется одновременностью процессов новообразования структур в репарационный период после водного стресса и перераспределения ассимилятов в растении.

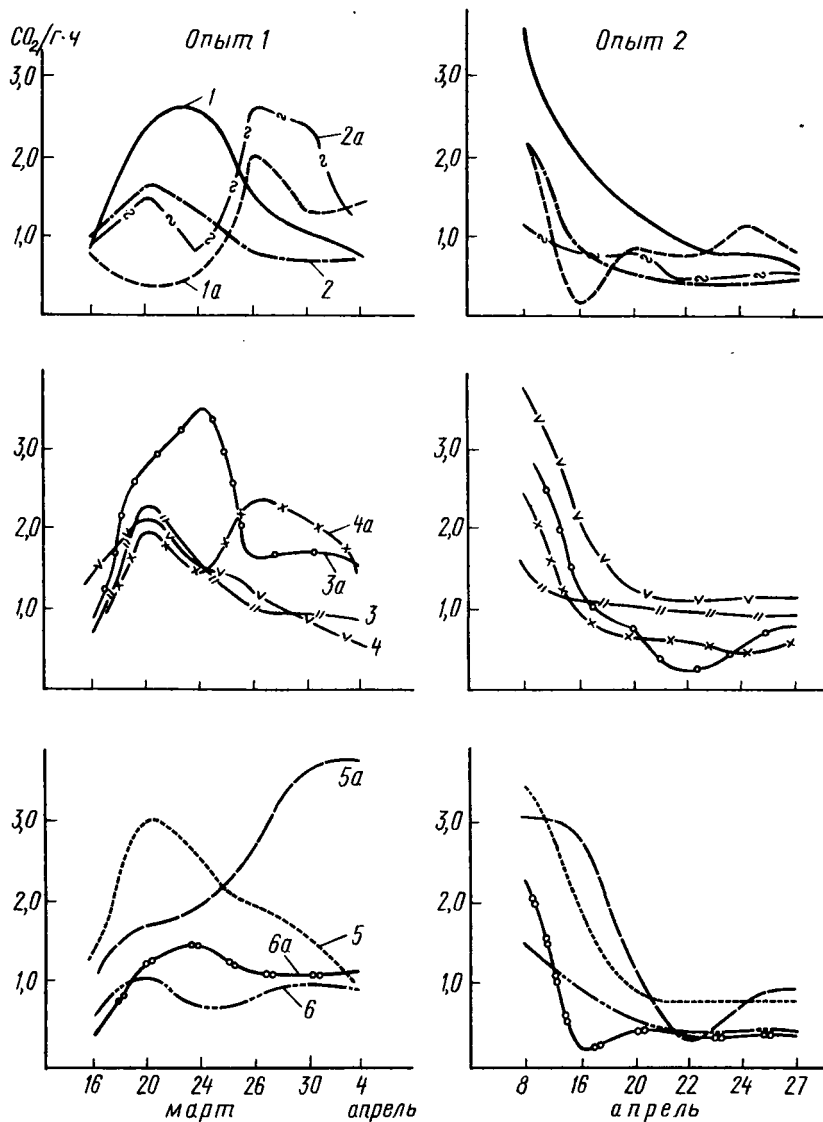


Рис. 5. Интенсивность темного дыхания у сортов ячменя. Обозначения те же, что на рис. 4.

При действии стресса значительно увеличивались различия интенсивности фотосинтеза у изучаемых

сортов. В условиях позднеосенней засухи они были наибольшими у сортов западноевропейской (Зазер-

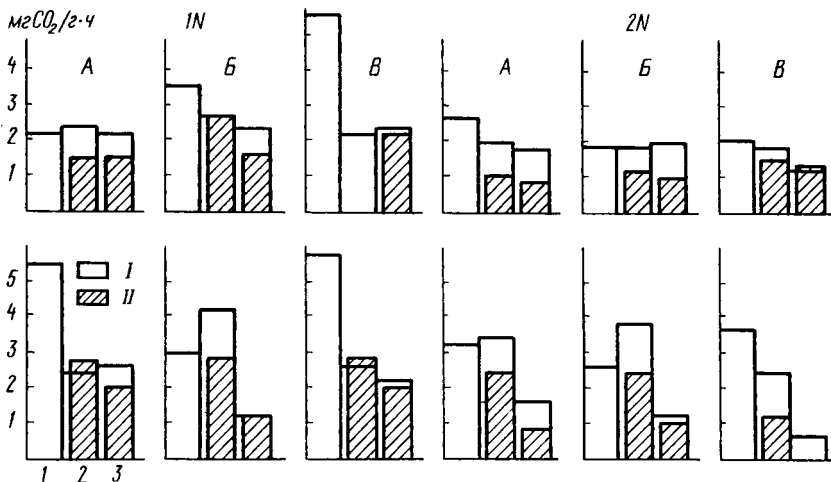


Рис. 6. Интенсивность видимого фотосинтеза (аверху) и темного дыхания у сортов ячменя при внесении разных норм азотных удобрений. Обозначения те же, что на рис. 3.

ский 85) и анатолийско-эфиопской (Ahor) групп, в условиях раннелетней засухи — степной (Донецкий 650) и западноевропейской (Московский 2) групп. В репарационный период восстановление функций до уровня контрольных растений отмечено при действии позднелетней засухи у представителей степной (Зерноградский 385) и западноевропейской (Московский 2) групп (рис. 2).

Отмечено увеличение темного дыхания в конце засухи при поздневесеннем ее наложении у сортов Ahor, Subergolan и Донецкий 650. При действии раннелетней засухи большую устойчивость дыхательной функции в период стресса показали сорта Донецкий 650, Московский 2 и Ahor, а в репарационный период — Донецкий 650 и Ahor (рис. 4, 5).

При повышенной обеспеченности азотом интенсивность фотосинтеза у сортов Московский 2 и ТСХА 21-89 была существенно ниже, чем

на обычном фоне питания, эти же различия отмечены и во время действия водного стресса, и в репарационный период, что связано, возможно, с большей листовой поверхностью растений в этом варианте (рис. 6).

Показатели газообмена при соответствующей доработке аппаратуры могут быть использованы в качестве дополнительных диагностических показателей устойчивости селекционных образцов к засухе.

### Продуктивность ярового ячменя

Амплитуда фенотипической реакции физиологических процессов, изменяющаяся под влиянием онтогенетических изменений и действия стрессовых факторов, с одной стороны, определяет сортовую устойчивость, с другой, служит критерием при определении их биологической и хозяйственной продуктивности. В условиях вегетационных опытов относительно высокой био-

логической и агрономической устойчивостью к кратковременной засухе на V—VII этапах органогенеза отличались сорта Аhog и Московский 2, сохранившие близкую к контролю (95 и 83 %) продуктивность, а при засухе на VII—VIII этапах меньшее снижение урожая отмечено также у сортов Аhog и

Донецкий 650. Сорты западноевропейской селекции в вегетационных и полевых опытах по уровню устойчивости не имели столь существенных различий, как сорта других экологических групп (табл. 1).

В полевых опытах выявлен различный характер агрономической устойчивости сортов Московский 2,

Таблица 1  
Зерновая продуктивность и элементы структуры урожая сортов ячменя в вегетационных опытах 1 (поздневесенняя засуха) и 2 (раннелетняя засуха). 1989 г.

Показатель	Западно-европейская группа		Степная группа		Анатолийско-эфиопская группа	
	Зазерский 85	Московский 2	Донецкий 650	Зерноградский 385	Ahog	Subergolan
Продуктивность, г/раст:						
опыт 1	2,10	1,50	1,80	2,30	1,70	1,7
	1,70	1,30	1,10	1,10	1,60	1,20
» 2	0,57	1,30	1,70	1,65	0,73	1,66
	0,42	0,90	1,30	1,00	0,58	1,10
Общая кустистость, шт.:						
опыт 1	2,8	2,7	2,7	3,1	3,8	1,5
	3,6	3,7	3,1	3,5	3,4	2,6
» 2	2,5	2,4	2,9	3,0	3,3	2,4
	2,6	3,8	4,2	2,9	2,7	3,2
Продуктивная кустистость, шт.:						
опыт 1	2,3	2,1	2,1	2,6	3,0	1,1
	3,1	2,8	2,5	2,0	3,1	1,9
» 2	1,8	1,8	2,8	2,0	1,3	1,2
	1,4	2,6	3,8	2,5	2,7	1,7
Озерненность колоса, шт.:						
опыт 1	17,0	14,6	14,3	16,5	13,4	31,6
	19,1	12,7	10,6	11,6	10,6	16,6
» 2	16,7	15,6	15,2	15,7	12,3	22,5
	16,0	14,0	14,9	18,8	11,9	17,6
Масса 1000 зерен, г:						
опыт 1	56,8	53,3	51,6	50,1	48,4	56,1
	55,2	50,0	40,8	47,6	45,1	46,0
» 2	53,9	47,1	47,1	47,3	40,5	52,2
	31,1	32,4	39,3	43,3	36,5	36,2

Примечание. В числителе — контрольный вариант, в знаменателе — опытный. Для всех групп сортов НСР<sub>05</sub> по продуктивности в опыте 1 составила  $\frac{0,21}{0,23}$ , в опыте 2 —  $\frac{0,33}{0,25}$ .



Таблица 2

Урожайность (при НСР<sub>05</sub> для всех сортов 8,3) и структура урожая у сортов ячменя в полевом опыте. 1990 г.

Показатель	Московский 2		Зазерский 85		ТСХА 21-89	
	конт-роль	опыт	конт-роль	опыт	конт-роль	опыт
Урожайность:						
ц/га	42,1	31,5	39,7	31,2	34,5	29,7
% к контролю	—	74,8	—	78,6	—	86,1
Масса 1 растения, г	4,0	2,6	3,5	3,2	3,6	3,3
Высота растения, см	88,0	85,0	88,0	79,0	85,3	82,0
Общая кустистость, шт.	3,0	2,5	3,5	3,5	3,7	5,0
Продуктивная кустистость, шт.	2,75	2,0	2,0	2,5	3,3	2,0
Масса зерна с 1 растения, г	1,70	1,29	1,40	1,23	1,39	1,18
$K_{хоз}$	0,42	0,49	0,40	0,38	0,38	0,36
Число зерен на побегах, шт.:						
главном	18,3	17,0	17,5	17,8	19,5	15,6
боковом	16,3	19,5	15,5	13,8	16,0	14,5
Масса 1000 зерен на побегах, г:						
главном	48,1	43,8	42,9	42,1	58,9	52,7
боковом	28,9	33,3	41,9	39,8	40,5	32,4
Количество продуктивных стеблей, шт/м <sup>2</sup>	818	488	703	571	740	508

Зазерский 85 и ТСХА 21-89 к искусственно создаваемой засухе на фоне конкретных метеорологических условий, определяемый сроками наступления водного стресса и различными возможностями сортов — их адаптивными перестройками, выражающимися в изменении элементов структуры урожая (табл. 2).

Расчетный показатель  $K_{хоз}$ , отражающий особенности донорно-акцепторных отношений, отличался сравнительным постоянством в контрольных и опытных вариантах. Это свидетельствует о стабильном характере регуляции донорно-акцепторных отношений растений ярового ячменя, относящихся к одной экологической группе. Дополнительное внесение азота в питательную среду не изменило ранжировку сортов по зерновой продуктивности. Однако при этом имело место большее ее снижение у растений опытных вариантов по сравнению с контролем.

Таким образом, значения итоговых

показателей развития растений — элементов структуры урожая, определяющих в значительной мере продукционный процесс, могут служить критериями оценки и использоваться для диагностики устойчивости ярового ячменя к водному стрессу.

#### Перераспределение ассимилятов

Уровень остаточного содержания белка и углеводов в вегетативных органах растений, перенесших засуху, характеризует донорно-акцепторные отношения в системе зерновка — вегетативная масса. Очевидно, растения и сорта с более сильной аттрагирующей способностью генеративных органов, с менее поврежденным ассимиляционным аппаратом, адаптированным к стрессу, полнее используют пластические вещества вегетативных органов на формирование зерна.

Как отмечали многие исследователи [2, 3], засуха нарушает азотный обмен растений, изменяет на-

копление и перераспределение азотсодержащих соединений в течение онтогенеза. При этом у устойчивых сортов в условиях нарастающей засухи количество белка в стебле возрастает значительно меньше, чем у неустойчивых [11, 12].

По нашему мнению, различия в содержании белка в стебле растений контрольного и опытного вариантов при уборке могут служить одним из показателей устойчивости сортов к засухе (табл. 3). Изучаемые в условиях фитотрона сорта по устойчивости к поздневесенней засухе распределялись в нисходящем порядке следующим образом: Аног, Subergolan, Зерноградский 385, Донецкий 650, Зазерский 85, Московский 2; к раннелетней — Аног, Московский 2, Subergolan, Донецкий 650, Зерноград-

ский 385, Зазерский 85. В полевых опытах 1989—1990 гг. по накоплению белка в стебле наиболее устойчивым к поздневесенней засухе был сорт Зазерский 85 в 1989 г. и сорт Московский 2 в 1990 г., к раннелетней в 1989 г.— Московский 2. Таким образом, использование упомянутого выше теста для оценки устойчивости сортов и их ранжировки возможно только при учете других физиолого-биохимических показателей.

### Характер диагностических показателей продуктивности и засухоустойчивости и их оценка

В наших экспериментах использовались различные методические подходы для диагностики функ-

Таблица 3

Содержание белка и углеводов (%) в органах растений ярового ячменя в полевых опытах : 1989 г. (числитель) и 1990 г. (знаменатель)

Показатель	Московский 2			Зазерский 85			ТСХА 21-89	
	контроль	опыт 1	опыт 2	контроль	опыт 1	опыт 2	контроль	опыт 1
	Стебель							
Белок	5,3	3,0	6,9	6,3	6,7	6,7	—	—
	10,7	11,9	—	10,3	11,6	—	7,7	8,5
Крахмал	20,5	17,7	20,4	20	18,6	20,2	—	—
	21,2	16,5	—	17,4	17,0	—	21,3	16,8
	Лист							
Белок	8,7	8,2	6,0	5,7	10,0	8,7	—	—
	18,1	17,1	—	16,2	17,2	—	17,0	17,8
Крахмал	16,2	15,5	13,9	16,1	14,5	14,0	—	—
	11,8	7,7	—	8,2	9,0	0	9,5	9,4
	Зерно на главном побеге							
Белок	11,5	13,8	12,0	10,6	13,4	12,9	—	—
	16,1	16,4	—	12,8	15,6	—	14,3	14,7
Крахмал	57,0	55,7	56,6	57,0	56,0	55,9	—	—
	49,9	49,6	—	54,4	50,4	—	53,0	52,1
	Зерно на боковом побеге							
Белок	13,2	13,9	12,1	11,9	13,6	11,9	—	—
	16,9	17,2	—	13,4	16,2	—	15,0	15,4
Крахмал	56,0	55,9	56,0	56,0	55,9	56,4	—	—
	48,0	47,4	—	52,1	49,0	—	50,0	48,6

ционального состояния растений в ходе продукционного процесса. Как уже указывалось, важно использовать комплексную оценку устойчивости сортов.

Результаты комплексного применения методов диагностики в полевом опыте 1990 г. представлены в табл. 4. Они свидетельствуют о том, что показатели, определяющие продуктивность, у сортов Зазерский 85 и ТСХА 21-89 имели в условиях

действия стресса наименьшую амплитуду, но наибольшую сумму баллов устойчивости. У сорта Московский 2 амплитуда изменения большинства этих показателей была наибольшей, а сумма баллов — наименьшей. Сорт ТСХА 21-89 занимал промежуточное положение. При этом параметры, определяющие напряженность физиолого-биохимических процессов — устойчивость, характеризовались в среднем более

Таблица 4

Оценка показателей продуктивности (%) и засухоустойчивости (балл) сортов ярового ячменя в полевом опыте 1990 г. (поздневесенняя засуха)

Показатель	Зазерский 85	Московский 2	ТСХА 21-89	Зазерский 85	Московский 2	ТСХА 21-89
	% к контролю			балл		
<i>Показатели продуктивности</i>						
Урожай	79	75	86	2	1	3
Высота растений	90	96	98	1	2	3
Продуктивная кустистость	90	60	73	3	1	2
Число продуктивных стеблей	91	60	69	3	1	2
Реализация потенциальной продуктивности:						
контроль	54	48	57	2	1	3
опыт	51	48	45	3	2	1
Масса 1000 зерен	98	98	101	2	1	3
ФП	79	40	73	3	1	2
Сухая биомасса	91	90	67	3	2	1
ЧПФ	144	175	206	1	2	3
Сумма баллов	—	—	—	23	14	23
<i>Показатели физиологической устойчивости</i>						
Устойчивость семян	3,2	5,3	4,1	1	3	2
Листовой индекс в засуху	48	71	44	2	3	1
Концентрация хлорофилла а	83	78	63	3	2	1
Электрическое сопротивление тканей листа	92	182	179	1	3	2
Биоэлектрический потенциал:						
колоса	64	53	58	3	1	2
стебля	42	31	120	2	1	3
Коэффициент стабильности листовой пластинки	104	96	123	2	1	3
Выход электролитов	12	8	9	1	3	2
Концентрация клеточного сока	119	170	227	1	2	3
Осмотический потенциал	122	174	227	1	2	3
Число устьиц (контр. и опыт. вар.)	1050	1050	480	—	—	—
Число жилок (контр. и опыт. вар.)	6,9	7,8	6,6	2	3	1
Содержание белка	122	102	103	3	1	2
Содержание крахмала	93	99	98	1	3	2
Сумма баллов				23	28	27

Примечание. Показатели число жилок и число устьиц являются генетически определенными.

высокими баллами по сравнению с показателями продуктивности. Наибольшая сумма баллов (28) была у сорта Московский 2, наименьшая (23) — у сорта Зазерский.

### Обсуждение

Являясь полигенным признаком, засухоустойчивость индивидуальна для каждой группы растений, уязвимость которых повышается в отдельные критические фазы их развития. У ячменя в процессе эволюции и селекции возник широкий спектр форм, различающихся по степени приспособленности к засушливым условиям. В наиболее общем виде засухоустойчивость сорта определяется как способность растений за счет смены темпов роста и развития, усиления или ослабления интенсивности физиолого-биохимических процессов сохранять уровень метаболизма, который позволил бы завершить онтогенез формированием репродуктивных органов при достаточно высокой продуктивности отдельных растений и посева в целом.

Следует отметить, что исследовательский действия ранних засух на физиологические функции растений ячменя и продуктивность районированных в Нечерноземье сортов очень мало. Согласно полученным нами данным, представители сортов западноевропейской группы (Зазерский 85, Московский 2 и ТСХА 21-89) оказались более адаптированными к поздневесенней (V—VII этапы) засухе, а сортов степной группы (Донецкий 650 и Черноградский 385) — к раннелетней засухе (VII—VIII этапы). Сорта анатолийско-эфиопской группы различались по реакции на засуху: сорт Ahor по сравнению с сортом Subergolan проявил более высокую устойчивость как к поздневесенней,

так и к раннелетней засухе. Различия в устойчивости к засухам, наступающим на V—VII и VII—VIII этапах органогенеза, определялись комплексом анатомо-морфологических и физиолого-биохимических адаптивных процессов. Наибольшие изменения в интенсивности таких физиологических процессов, как рост, водопотребление, дыхание и фотосинтез в период действия стресса (раннелетней засухе), имели место у сортов западноевропейской и степной групп, меньшие — у сортов анатолийско-эфиопской группы. При этом размах амплитуды показателей, характеризующих агрономическую устойчивость, изменялся в меньшей степени, чем показателей, определяющих биологическую устойчивость, особенно при использовании повышенных доз азота.

Полученные нами в вегетационных и полевых опытах данные подтверждают мнение, что адаптивные возможности растений, определяющие в конечном итоге уровень их устойчивости, должны оцениваться по ряду параметров, комплексом показателей. Наиболее полно отражают степень устойчивости растительного организма к стрессовому фактору те параметры, которые связаны с продукционным процессом и формированием зерновой части урожая. Суммарная бальная оценка диагностических показателей позволила провести достаточно точную ранжировку сортов ярового ячменя местной селекции, сопоставляющую с результатами наблюдений Госкомиссии по сортоиспытанию.

### Выводы

1. Кратковременные поздневесенняя (V—VII этапы) и раннелетняя (VII—VIII этапы) почвенные засухи снижали зерновую продуктивность разных сортов ярового ячменя соответственно на 5—51 и

на 21—57 % в вегетационных и полевых (засушник) опытах.

2. Повышенную агрономическую устойчивость к поздневесенней засухе показал сорт Московский 2 (западноевропейская экологическая группа), к раннелетней — Донецкий 650 (степная группа). Реализация потенциальной продуктивности растений в условиях засух у названных сортов составила 37—57 % (развитых колосков).

3. В условиях экспериментов ранние почвенные засухи в период наложения водного стресса угнетали рост растений ячменя, что выражалось в уменьшении ассимиляционной поверхности, значений ФП и ЧПФ, тормозили дифференциацию конуса нарастания, вызывали редукцию побегов кущения, снижали содержание хлорофилла, интенсивность фотосинтеза и дыхания. Различия между изучавшимися сортами ячменя носили только количественный характер. Интенсивность газообмена в меньшей степени снижалась у сортов анатолийско-эфиопской группы (сорта Аhog и Subergolan), в большей — у сортов западноевропейской группы (Зазерский 85, Московский 2, ТСХА 21-89).

4. Биологическая и зерновая продуктивность сортов ячменя во многом определялась характером и интенсивностью репарационных процессов после снятия водного стресса (газообмена, редукции метамеров колоса, новообразования побегов). Быстрее восстанавливали свои функции при поздневесенней засухе сорта западноевропейской группы.

5. Ранняя почвенная засуха существенно изменяла показатели водообмена у сортов ячменя всех экологических групп в вегетационных и полевых условиях проведения опытов. При увеличении водного дефицита в вегетационных опытах у

растений снижались транспирация и эвапотранспирация соответственно на 22,5 и 24,5 %. Средний транспирационный коэффициент за вегетацию колебался от 167 до 347. В полевых опытах при поздневесенней засухе суммарный расход воды в расчете на 1 га в среднем по трем сортам западноевропейской группы составил 1516 т/га при урожайности 30,6 ц/га, в контроле — 1996 т/га при урожайности 38,1 ц/га.

6. Содержание белка в зерне районированных в Нечерноземье сортов ячменя под действием кратковременных поздневесенней и раннелетней засух несколько возрастало (с 10,6—16,0 до 12,0—16,4 %), а крахмала снижалось (в главных побегах).

7. Используемые в опыте диагностические методы и показатели при комплексном их применении позволяют достаточно точно определить сортовые различия по устойчивости растений ячменя к водному стрессу в критический период онтогенеза. Сумма баллов, оценивающих устойчивость сортов ячменя к водному стрессу в полевых условиях, была максимальной у сорта Зазерский 85, минимальной — у сорта Московский 2; сорт ТСХА 21-89 занимал промежуточное положение. Эти данные соответствуют результатам, полученным в системе Госсортсети по Московской области.

8. Учитывая значительное снижение урожайности ярового ячменя в Центральном районе Нечерноземной зоны при действии ранних засух, целесообразно проводить сравнительную оценку вновь селектурируемых сортов по их реакции на действие почвенной засухи с использованием диагностических методов, выявляющих физиологическую и агрономическую устойчивость отдельных растений и посевов. Эти све-

дения следует включать в физиологический паспорт сорта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев А. М.* Водный режим растений и влияние на него засухи.— Казань, 1948.— 2. Водный обмен растений.— М.: Наука, 1990.— 3. *Генкель П. А.* Жаро- и засухоустойчивость растений.— М.: Наука, 1982.— 4. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).— М.: Колос, 1979.— 5. *Журбицкий З. М.* Теория и практика вегетационного метода.— М.: Наука, 1968.— 6. *Куперман Ф. М.* Морфофизиологические приемы исследования растений.— Бюл. МОИП, 1952, с. 24—40.— 7. *Куперман Ф. М., Меремкулова Р. Н., Мурашов В. В., Быкова М. С.* Особенности морфогенеза и формирования потенциальной и реальной продуктивности пшеницы.— В кн.: Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур.— М.: Колос, 1975,

с. 43—52.— 8. *Куперман Ф. М.* Морфофизиология растений.— М.: Высшая школа, 1982.— 9. *Неттевич Э. Д.* Высокопродуктивные сорта зерновых культур для Нечерноземья.— М.: Моск. рабочий, 1987.— 10. *Ниловская Н. Т.* Характеристика и влияние засух, свойственных Нечерноземью, на продуктивность и основные процессы жизнедеятельности зерновых культур.— Бюл. ВИУА.— М., 1990, с. 3—9.— 11. *Петинов Н. С., Колядзяная О. И.* Динамика белковых веществ у поливных и неполивных пшениц.— Тр. комиссии по ирригации АН СССР, 1934, вып. 3, с. 10—15.— 12. *Савицкая Н. Н.* О содержании свободных аминокислот в растениях ячменя при недостатке воды в почве.— Физиол. растений, 1965, т. 12, вып. 2, с. 150—154.— 13. *Удovenко Г. В., Кожушко Н. Н.* Информативность некоторых физиологических параметров в связи с устойчивостью сортов пшеницы к засухе.— С.-х. биол., 1980, т. 15, вып. 3, с. 357—365.

*Статья поступила 22 июля 1992 г.*

#### SUMMARY

Modern methods of diagnosing the functional state of plants are considered, an effort is made to estimate the drought resistance of spring barley varieties of different geographical origin based on the analysis of 9 characteristics of their productivity and 13 characteristics of their physiological resistance.